

ANALISA VARIASI KAPASITOR UNTUK MENGOPTIMALKAN DAYA GENERATOR INDUKSI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT (PLTGL)

Nama : Tri Indra Kusuma
NRP : 4210 100 022
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Pembimbing ; 1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
2. Indra Ranu Kusuma, ST, M.Sc.

ABSTRAK

Energi alternatif saat ini mulai banyak dikembangkan di dunia. Di Indonesia salah satu energi alternatif yang mulai dikembangkan adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut sederhana. Dengan memanfaatkan motor induksi yang dirubah menjadi generator induksi memiliki banyak keuntungan. Generator induksi dapat membangkitkan tegangan dengan kapasitor sebagai arus eksitasinya. Variasi kapasitor dilakukan untuk mendapatkan daya yang lebih besar, mulai dari 75 μF , 80 μF , 92 μF , dan 104 μF . Dari penelitian yang dilakukan daya yang dihasilkan generator induksi mampu mencapai 262 W untuk beban resistif, dan 123 W untuk beban induktif. Kapasitor juga untuk memperbaiki tegangan dan faktor daya.

Kata kunci: Generator induksi, kapasitor, gelombang laut, daya generator, beban resistif, beban induktif

CAPACITOR VARIATION ANALYSIS TO OPTIMIZE INDUCTION GENERATOR POWER ON THE OCEAN WAVE POWER PLANT (PLTGL)

Name : Tri Indra Kusuma
NRP : 4210 100 022
Department : Marine Engineering
Supervisors ; 1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
2. Indra Ranu Kusuma, ST, M.Sc.

ABSTRACT

Alternative energy today began much developed in the world. In Indonesia, one of the alternative energy began to be developed is simple ocean wave power plant. By utilizing an induction motor is converted into an induction generator has many advantages. Induction generator can generate voltages with capacitor as the current excitation. Variations capacitor done to obtain greater power, ranging from 75 μF , 80 μF , 92 μF , and 104 μF . From this research conducted induction generator power generated is able to achieve 262 W for resistive load, and 123 W for inductive loads. Capacitor also to improve voltage and power factor.

Key words: Induction generator, capacitor, ocean wave, power generator, resistive load, inductive load

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dedik Agil Iprama Siska tentang perancangan generator induksi pada pembangkit listrik tenaga gelombang laut, motor induksi yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Single Phase AC Motor

Merk	= SEM
Type	= JY 2A-4
Daya	= 1 HP
Kecepatan	= 1430 rpm
Arus	= 15 / 7,5 A
Tegangan	= 220 V
Frekuensi	= 50 Hz

Dari penelitian sebelumnya, didapatkan nilai kapasitor untuk mengoperasikan generator induksi yakni sebesar 74,95 μF . Beberapa pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan lampu pijar dan lampu TL sebagai beban resistif dan beban induktif, daya yang dikeluarkan mampu mencapai 115 Watt.

NO	BEBAN	C (μ F)	IL (A)	VL (V)	PL (W)	RPM
1	0	75	0	220	0	3080
2	10	75	0,06	220	20	3080
3	20	75	0,14	220	40	3100
4	30	75	0,22	220	55	3104
5	40	75	0,3	220	70	3118
6	50	75	0,39	220	110	3132
7	60	75	0,46	220	120	3138

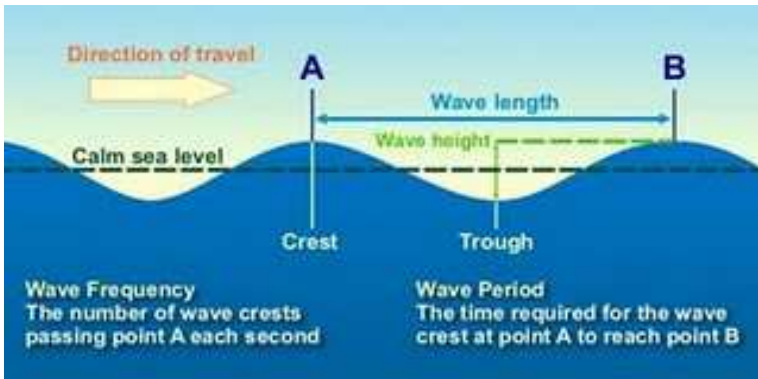
Tabel 2.1 Beban resistif, kapasitor 75 μ F, tegangan konstan, kenaikan beban secara beraturan (*Sang Lanang Saddamullah, 2013*)

Namun masih ada beberapa kekurangan yang selanjutnya akan dilakukan penyempurnaan, seperti dari faktor transmisi daya penggerak yang menggunakan belt masih menimbulkan *power loses* sehingga tegangan yang dihasilkan kurang maksimal. Selanjutnya akan dicoba memvariasi kapasitor dan beban untuk mendapatkan daya keluaran yang lebih besar dari sebelumnya.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut

Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut adalah teknologi untuk menghasilkan energi listrik yang memakai tenaga gelombang laut sebagai penggerak turbinnya. Gelombang laut selalu menciptakan ayunan air di permukaan laut yang bergerak tanpa henti dan jarang sekali diam. Gelombang laut sendiri terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara yang mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, sehingga menimbulkan angin. Angin inilah yang kemudian melewati daerah lautan dan terus bertiup sehingga menimbulkan riak pada permukaan air laut. Bila riak air bertambah besar akan menciptakan ombak.

Gelombang laut dapat dikategorikan menjadi beberapa macam berdasarkan gaya pembangkitnya. Gelombang laut yang disebabkan oleh angin disebut gelombang angin, gelombang yang disebabkan adanya gaya tarik menarik bumi – bulan – matahari disebut sebagai gelombang pasang surut, gelombang yang terjadi karena adanya gangguan *seismic* disebut gelombang tsunami. (Siti Rahma, 2010)

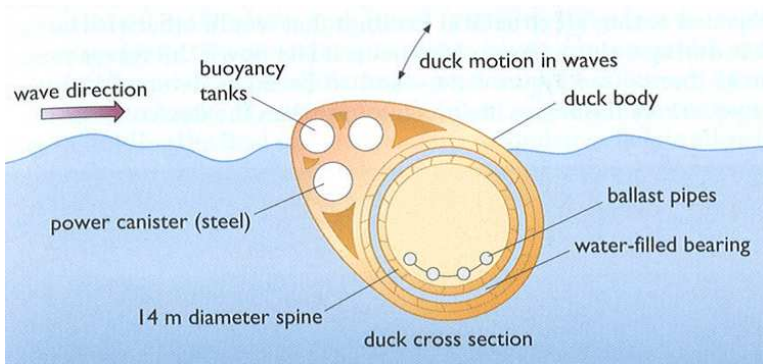


Gambar 2.1 Bagian – bagian gelombang ideal
(*academia.edu*)

2.3 Salter Duck

Salter Duck adalah salah satu teknologi untuk mengkonversi energi gelombang laut menjadi energi listrik. Konsep ini ditemukan oleh Stephen Salter pada tahun 1974 yang disebutnya dengan “nodding duck”. Konsep ini cukup unik karena berdasarkan bentuk maupun prinsip kerjanya yang seperti paruh dari bebek. Dengan memanfaatkan tekanan yang disebabkan gelombang akan membuat *paunch* dari bebek bergerak naik turun mengikuti pergerakan gelombang. Gerakan naik turun akan mengkonversi energi kinetik dan energi potensial dari gelombang menjadi energi mekanik rotasi. Kemudian energi mekanik rotasi akan dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan *Hydraulic – electric subsystem*. (McCormick, Michael, “*Ocean Wave Energy Conversion*”, 1981)

Salter Duck mampu menghasilkan efisiensi secara keseluruhan hingga 90%. Daya yang mampu dihasilkan untuk satu prototype *salter duck* dapat mencapai kurang lebih 1 Kw.



Gambar 2.2 Prototype Salter Duck
(Hale, Matthew, “Wave Power Generation Salter’s Duck”)

2.4 Motor Induksi

2.4.1 Penjelasan Umum

Motor induksi adalah motor listrik arus bolak balik yang dapat mengkonversi dari energi listrik menjadi energi mekanik. Salah satu jenis motor listrik yang paling luas dalam penggunaannya ialah motor asinkron atau motor induksi. Disebut motor induksi karena prinsip kerjanya menggunakan induksi yang dihasilkan oleh arus dari stator ke rotor sehingga motor dapat berputar.

Motor asinkron atau motor induksi adalah motor yang bekerja karena adanya perbedaan antara kecepatan putaran medan magnet (N_s) dengan kecepatan putaran rotor (N_r). Motor induksi sendiri dibagi dalam dua tipe, yaitu motor induksi 1 fase dan motor induksi 3 fase.

Motor induksi sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari baik dalam bidang industri maupun rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 1 fase dan motor induksi 3 fase. Motor induksi 3 fase banyak dioperasikan pada sistem tenaga 3 fase, biasanya dalam berbagai bidang industri, karena mempunyai keluaran daya yang tinggi. Sedangkan motor induksi 1 fase digunakan pada sistem tenaga 1 fase untuk keperluan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci, pompa air, karena mempunyai keluaran daya yang rendah.

Beberapa kelebihan dari motor induksi adalah:

- 1) Konstruksi sederhana dan kuat
- 2) Keandalan tinggi
- 3) Harga murah
- 4) Maintenance mudah

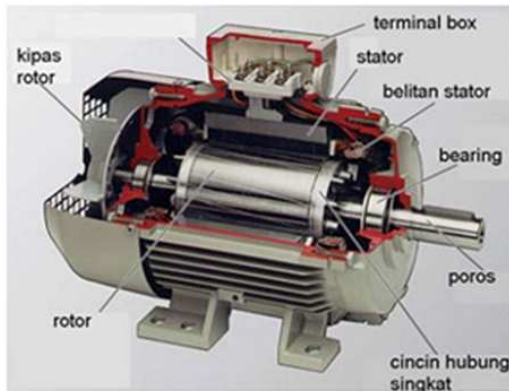
Sedangkan kekurangan dari motor induksi adalah:

- 1) Pengaturan putaran sulit
- 2) Arus start tinggi
- 3) Faktor daya rendah (lagging)

2.4.2 Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi satu fasa hampir sama dengan motor induksi tiga fasa, yang membedakan adalah pada motor satu fasa kumparan statornya berupa kumparan satu fasa. Pada motor induksi satu fasa hanya terdapat satu kumparan pada bagian statornya. Motor induksi satu fasa biasanya dilengkapi dengan kapasitor *start* dan saklar sentrifugal yang digunakan untuk memutus suplai tegangan ke kumparan bantu pada saat motor telah mencapai 75% hingga 100% dari kecepatan nominal motor.

Saat motor induksi satu fasa dihubungkan dengan sumber tegangan bolak balik satu fasa, pada kumparan stator akan timbul fluksi berbentuk sinusoidal. Fluks magnet ini hanya fluks pulsasi, sehingga tidak dapat memutar rotor yang dalam keadaan diam. Kapasitor start akan membantu motor induksi satu fasa dapat berputar sampai rotor mencapai kecepatan kira – kira 80% dari kecepatan nominal nya. Ketika putaran rotor hampir mendekati kecepatan penuh, maka saklar sentrifugal akan memutus kumparan bantu, dan selanjutnya motor tetap berputar dengan memanfaatkan fluks magnetik yang dibangkitkan lilitan utama.



Gambar 2.3 Motor Induksi 1 Fasa

2.4.3 Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa mempunyai keluaran daya yang tinggi atau lebih besar dari 1 Hp. Mesin induksi tidak memerlukan hubungan elektrik dengan belitan rotornya. Fluks magnet mengalir pada celah udara yang menghubungkannya dengan rangkaian tertutup rotor. Sesuai dengan hukum Faraday, pada saat rotor bergerak terhadap celah udara maka akan timbul ggl induksi yang menyebabkan arus listrik mengalir melaluinya. Konstruksi mesin induksi terdiri dari stator dan rotor berbentuk silinder simetrik yang membentuk rangkaian magnetik. Antara rotor dan stator terdapat celah udara.

Stator adalah bagian dari motor yang tidak dapat berputar atau diam dan terletak pada bagian luar. Stator dibuat dari inti besi bundar yang dilaminasi dan mempunyai alur – alur untuk tempat meletakkan kumparan.

Rotor kumparan adalah bagian dari motor yang bergerak atau berputar. Berupa kumparan yang ditempatkan pada slot rotor.

Rotor sangkar adalah belitan rotor yang terdiri dari batang padat dari suatu bahan konduktor. Batang – batang rotor ini dihubungkan pada kedua ujungnya dengan suatu ring sehingga berbentuk sangkar.

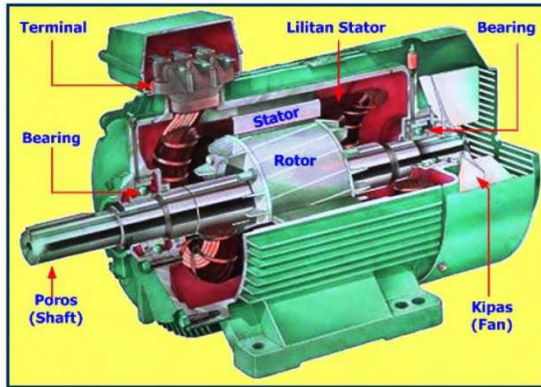
Celah udara menyebabkan faktor kerja mesin menjadi rendah. Celah udara akan memperbesar arus magnetisasi yang diperlukan untuk menimbulkan fluksi celah udara, arus tersebut *lagging* terhadap tegangan yang dipasang. (Wasimudin Surya, UPI)

Keuntungan motor tiga fasa:

1. Konstruksi kuat dan sederhana terutama bila motor dengan rotor sangkar
2. Biaya maintenance rendah
3. Effisiensi relatif tinggi
4. Harga relatif murah
5. Keandalan tinggi

Kekurangan motor tiga fasa:

1. Kecepatan sulit diatur
2. Power factor rendah saat beban ringan
3. Arus start bisa 5 – 7 kali dari arus nominal.



Gambar 2.4 Motor Induksi 3 Fasa

2.5 Generator Induksi

Generator Induksi adalah hasil perubahan dari motor induksi menjadi sebuah generator induksi dengan adanya syarat – syarat khusus yang harus dipenuhi. Salah satu syaratnya adalah kecepatan putar rotor harus dibuat lebih tinggi dari kecepatan sinkron nya ($n > n_s$) atau dengan kata lain kecepatan putar rotor (N_r) lebih besar dari kecepatan medan putar nya (N_s), sehingga *slip* akan bernilai negatif. Karena *slip* yang bernilai negatif, maka energi listrik akan dikembalikan pada sistem jala – jala.

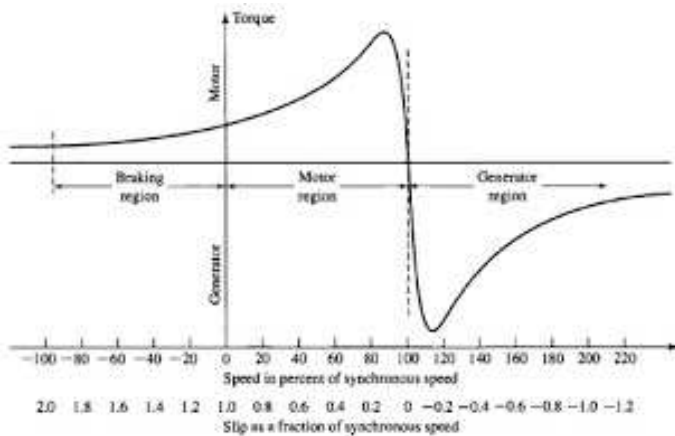
$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana: S = Slip

N_s = Kecepatan stator

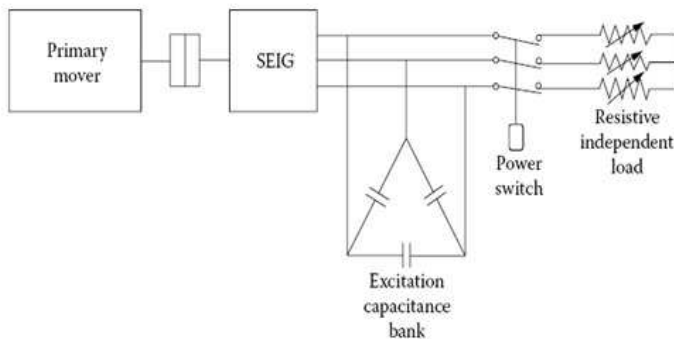
N_r = Kecepatan rotor

Generator Induksi juga membutuhkan daya reaktif atau daya magnetisasi. Daya reaktif pada generator induksi didapat dari kapasitor yang dipasang pada terminal keluarannya, untuk dapat membangkitkan tegangan awal yang kemudian digunakan sebagai proses pembangkitan tegangan selanjutnya. Besarnya nilai kapasitor yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan daya reaktif yang dibutuhkan generator induksi.



Gambar 2.5 Kurva karakteristik mesin induksi
(*Rheinisch, 2004*)

Kerja kapasitor dapat dikatakan sebagai suatu sistem penguat (eksitasi), sehingga generator induksi juga dikenal dengan sebutan Generator Induksi Penguatan Sendiri (*Self Excited of Induction Generator*) (Devidriandi, 2003)



Gambar 2.6 Prinsip kerja generator induksi penguatan sendiri
[\(<http://ariestarlight.blogspot.com/2013/03/motor-induksi-sebagai-generator.html>\)](http://ariestarlight.blogspot.com/2013/03/motor-induksi-sebagai-generator.html)

Syarat utama yang lain untuk bisa membangkitkan tegangan pada generator induksi ialah adanya fluks sisa atau medan magnet pada kumparan statornya. Fluks sisa tersebut akan menimbulkan tegangan induksi pada rotor bersamaan dengan perputaran rotor. Tegangan yang muncul kemudian diinduksikan pada kumparan stator sehingga menimbulkan arus yang mengisi kapasitor hingga terjadi keseimbangan.

2.6 Kapasitor

Kapasitor dapat diibaratkan seperti bak penampungan air, dimana besarnya tangki air merupakan kapasitasnya, sedangkan tinggi tabungnya merupakan tegangannya.

Kapasitor adalah suatu komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan arus listrik sementara dalam bentuk muatan. Kapasitor terbuat dari dua buah lempengan

logam yang saling sejajar, dan diantara kedua logam terdapat bahan isolator yang disebut dielektrik. Bahan dielektrik sendiri mempengaruhi nilai dari kapasitansi kapasitor tersebut. Kapasitor memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran tergantung dari kapasitasnya.

Satuan dari kapasitor adalah *Farad* (F), ditemukan oleh Michael Faraday (1791 – 1867). Nilai yang sering dipakai untuk kapasitor adalah:

$$1 \text{ Farad} = 1.000.000 \mu\text{F} \text{ (mikro Farad)}$$

$$1 \mu\text{Farad} = 1.000 \text{ nF} \text{ (nano Farad)}$$

$$1 \text{ nFarad} = 1.000 \text{ pF} \text{ (piko Farad)}$$

Seperti halnya resistor, kapasitor juga tergolong ke dalam komponen pasif elektronika. Kapasitor sebenarnya sedikit berbeda dengan baterai. Baterai memiliki dua terminal yang bekerja untuk menghasilkan elektron pada satu terminal dan menyerap elektron pada terminal lain. Sedangkan kapasitor lebih sederhana dari baterai, karena tidak dapat menghasilkan elektron baru dan hanya menyimpannya.



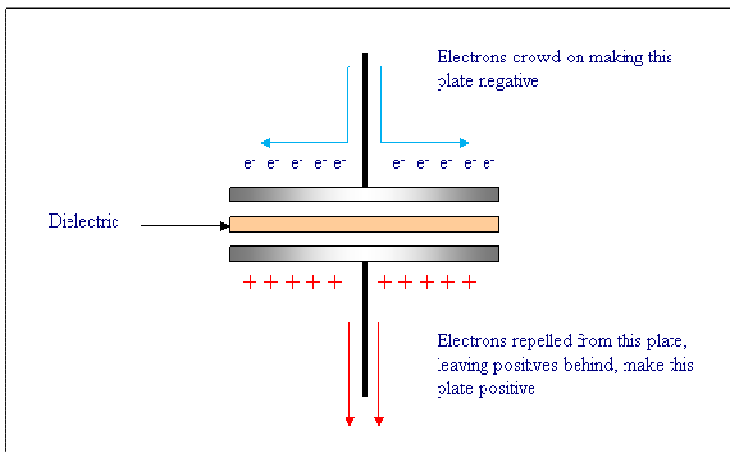
Gambar 2.7 Kapasitor dengan bermacam ukuran
(*elektronika-dasar.web.id*)

Kegunaan kapasitor diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Menyimpan arus listrik
2. Sebagai filter dalam power supply
3. Perata arus pada rectifier
4. Sebagai pembangkit gelombang / frekuensi
5. Mencegah terjadinya loncatan listrik pada rangkaian kumparan

2.6.1 Cara Kerja Kapasitor

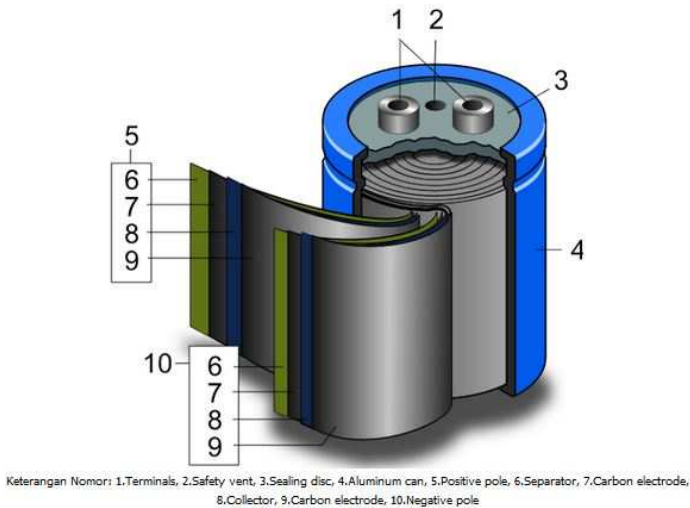
Kapasitor (kondensator) pada prinsipnya terdiri dari dua buah pelat konduktor yang berlawanan muatan. Konduktor tersebut dipisahkan oleh sebuah zat dielektrik yang bersifat isolator. Pertama elektron mengalir menuju kapasitor. Setelah kapasitor sudah dipenuhi dengan elektron, maka tegangan tersebut akan mengalami perubahan. Selanjutnya elektron akan keluar dari kapasitor menuju rangkaian elektronika. Dengan begitu kapasitor akan membangkitkan reaktif pada suatu rangkaian.



Gambar 2.8 Proses pengisian kapasitor

2.6.2 Komponen Kapasitor

Kapasitor memiliki komponen-komponen di dalamnya yang berfungsi untuk menyimpan elektron.



Gambar 2.9 Komponen-komponen kapasitor

Keterangan: 1. Terminals 10. Negative electrode
 2. Safety vent
 3. Sealing disc
 4. Alumunium can
 5. Positive pole
 6. Separator
 7. Carbon electrode
 8. Collector
 9. Carbon electrode

2.6.3 Kapasitansi Kapasitor

Kapasitor mempunyai kemampuan untuk menyimpan energy. Kemampuan ini disebut sebagai kapasitas kapasitor. Saat kapasitor dihubungkan dengan sumber tegangan, kapasitor akan menyimpan muatan. Kapasitas kapasitor adalah banyaknya muatan yang tersimpan di dalam kapasitor ketika dihubungkan dengan beda potensial. *“Perbandingan antara banyaknya muatan listrik yang tersimpan dalam kapasitor dengan beda potensial yang timbul pada ujung-ujung kapasitor.”* (Suharyanto (96)).

Secara matematis kapasitas kapasitor dapat ditulis sebagai berikut:

$$C = \frac{q}{V} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana: C = kapasitas kapasitor (farad)

Q = muatan listrik (coulomb)

V = beda potensial (volt)

2.6.4 Jenis-jenis Kapasitor

Dalam rangkaian elektronika, kapasitor terbagi dalam dua macam, yaitu kapasitor polar dan kapasitor non polar.

Kapasitor polar adalah jenis kapasitor yang memiliki dua kutub dan mempunyai polaritas positif / negatif. Bahan dielektriknya biasanya terbuat dari elektrolit, dan mempunyai nilai kapasitansi yang besar dibandingkan dengan kapasitor yang menggunakan bahan lainnya.



Gambar 2.10 Kapasitor polar

Sedangkan kapasitor non polar adalah jenis kapasitor yang tidak memiliki polaritas positif dan negatif pada kedua kutubnya, dan dapat dipakai secara berbalik. Bahan dielektriknya biasanya terbuat dari keramik, mika.



Gambar 2.11 Kapasitor non polar

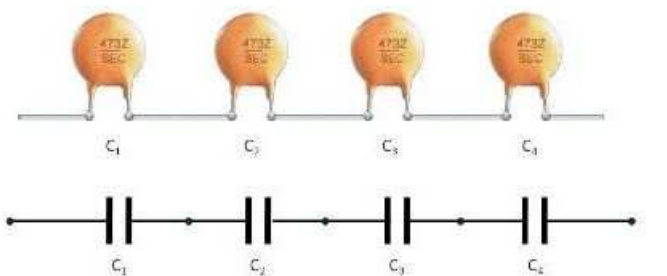
2.6.5 Rangkaian Kapasitor

Sama halnya dengan resistor, kapasitor juga dapat dirangkai secara seri maupun parallel.

Rangkaian seri kapasitor terdiri dari dua buah atau lebih kapasitor yang disusun secara seri atau sejajar. Sehingga nilai kapasitansnya berbanding terbalik dengan nilai masing-masing.

$$C_{\text{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (2.3)$$

Semakin banyak rangkaianannya semakin kecil nilai kapasitansnya, tetapi tegangan yang timbul bertambah besar.

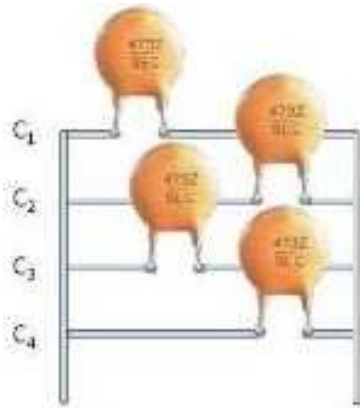


Gambar 2.12 Rangkaian kapasitor seri

Sedangkan pada rangkaian parallel, kapasitor disusun secara sejajara dan memiliki percabangan pada ujungnya. Susunan parallel diperoleh dengan cara menggabungkan kutub-kutub kapasitor menjadi satu.

$$C_{\text{total}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (2.4)$$

Semakin banyak rangkaiannya, semakin besar nilai kapasitansnya, sebaliknya tegangan yang timbul akan bernilai sama.



Gambar 2.13 Rangkaian kapasitor parallel

2.6.6 Fungsi Kapasitor

Seperti yang telah kita ketahui, ada beberapa macam beban pada peralatan listrik seperti beban reaktif (R), beban induktif (L), dan beban kapasitif (C). Peralatan listrik yang sering kita jumpai kebanyakan memiliki karakteristik beban induktif. Disinilah kapasitor berperan sebagai beban kapasitif untuk menyeimbangkan karakteristik beban tersebut. Beberapa kegunaan dari kapasitor adalah:

- Mengurangi voltage drop
- Memberikan tambahan daya
- Memperbaiki power factor
- Menyuplai daya reaktif untuk penggunaan daya kompleks

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan penulisan skripsi ini, digunakan metode teoritis dengan beberapa tahapan, yaitu:

3.1 Penentuan Batasan Masalah

Awal tahapan dalam pengerjaan skripsi ini adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada. Perlu juga perumusan masalah yang nantinya akan diselesaikan selama pengerjaan skripsi ini. Selain itu, juga terdapat batasan masalah. Hal ini dimaksudkan agar topik bahasan lebih mendetail dan tidak terlalu meluas. Juga akan memudahkan penulis dalam melakukan analisa masalah.

3.2 Studi Literatur

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah mencari dan mempelajari sumber sumber pustaka yang mendukung penulisan skripsi ini, dan juga merangkum teori – teori dasar serta acuan secara umum dan khusus dari buku mengenai generator induksi. Sumber pustaka digunakan untuk memecahkan masalah yang ada pada pengerjaan skripsi ini.

3.3 Pengambilan dan Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan dan pengumpulan data yang diperlukan dalam pengerjaan skripsi ini meliputi:

- a. Daya keluaran dari generator induksi
- b. Penentuan jenis beban
- c. Penentuan besar kapasitor

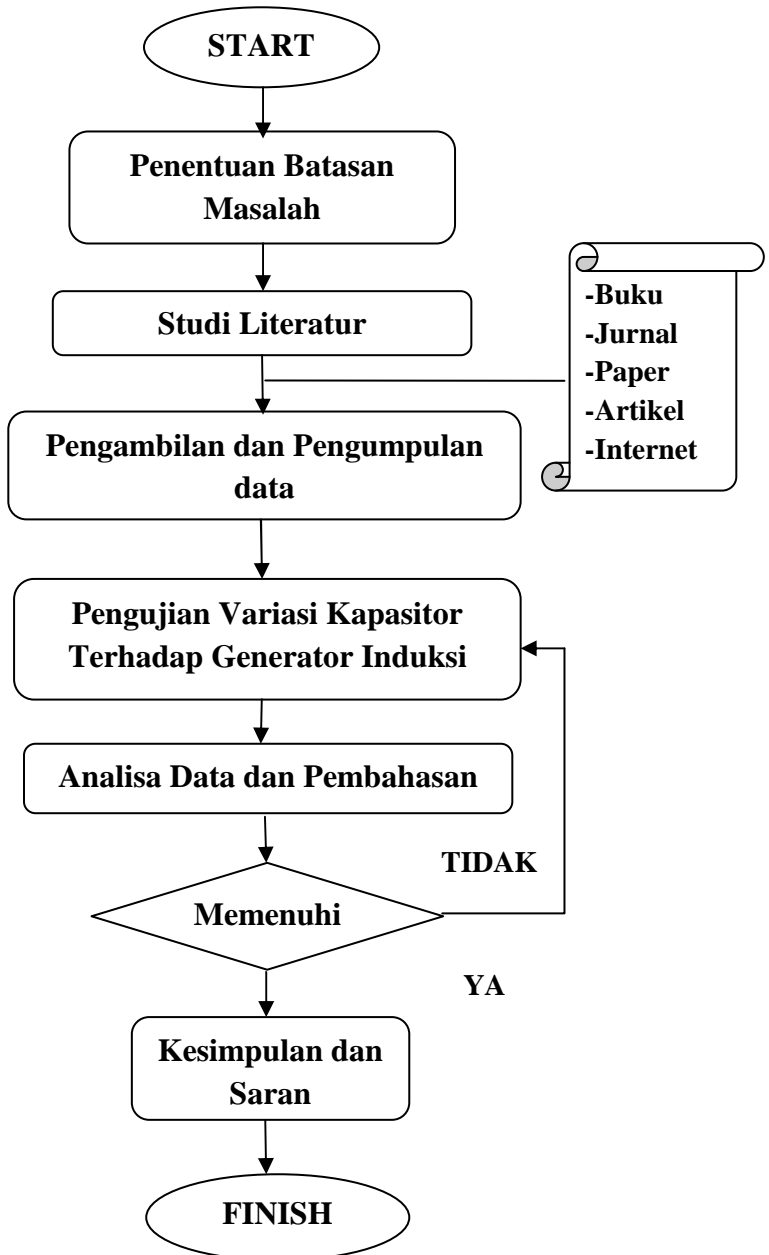
3.4 Analisa Data dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan percobaan pada alat tersebut dengan penambahan variasi kapasitor dan beban kemudian dilakukan analisa terhadap perubahan daya yang dihasilkan.

3.5 Kesimpulan dan Saran

Setelah analisa selesai dilakukan, maka dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan sekaligus jawaban dari penelitian ini. Saat penarikan kesimpulan juga diperlukan saran dan rekomendasi untuk perbaikan dari penelitian ini.

Secara singkat metodologi penulisan skripsi ini dapat dilihat dari *flowchart* berikut ini.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan penambahan kapasitor yang digunakan

Kapasitor adalah perangkat komponen elektronika yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan muatan listrik, terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh bahan penyekat pada tiap konduktor. Kapasitor sendiri hanya mampu menyimpan dan memberikan energy yang terbatas sesuai dengan kemampuan kapasitasnya.

Penggunaan kapasitor pada suatu rangkaian system elektronika tertutup, akan memperbaiki factor daya dan tegangan karena menimbulkan daya reaktif, sehingga kerugian dapat dikurangi.

Beberapa manfaat penggunaan kapasitor yang dipasang secara parallel adalah:

1. Memperbaiki factor daya
2. Memperbaiki kondisi tegangan
3. Memberikan tambahan daya

Besarnya nilai kapasitor yang akan dipasang, dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{Qc}{2\pi fV^2} \dots\dots\dots(4.1)$$

Pada penelitian sebelumnya, daya yang mampu dihasilkan mencapai 115 watt. Kemudian dalam skripsi ini mencoba dilakukan penambahan variasi kapasitor untuk

mendapatkan daya yang lebih besar dengan nilai target awal sebesar 300 watt.

Berdasarkan rumus di atas dapat dihitung besar kapasitor yang harus dipasang:

Daya Semu

$$S = V \times I \text{ dimana } I = \frac{P}{V \cos \varphi}$$

$$S = V \times \left(\frac{P}{V \cos \varphi} \right) \dots\dots\dots (4.2)$$

$$S = 220 \times \left(\frac{300}{220 \times 0,8} \right)$$

$$S = \frac{300}{0,8}$$

$$S = 375 \text{ VA}$$

Daya Reaktif

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \dots\dots\dots (4.3)$$

$$Q = \sqrt{375^2 - 300^2}$$

$$Q = \sqrt{140.625 - 90.000}$$

$$Q = \sqrt{50.625}$$

$$Q = 225 \text{ VAR}$$

$$C = \frac{Qc}{2\pi fV^2}$$

$$C = \frac{225}{2 \times 3,14 \times 50 \times (220)^2}$$

$$C = \frac{225}{2 \times 3,14 \times 50 \times 48.400}$$

$$C = \frac{225}{15.197.600}$$

$$C = 15 \mu F$$

4.2 Pengambilan Data

Pada tugas skripsi ini, pengambilan data dilakukan dengan cara percobaan secara langsung pada sebuah generator induksi yang telah dirancang pada penelitian sebelumnya oleh Dedik Agil Iprama Siska. Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut:

Single Phase AC Motor

Merk	= SEM
Type	= JY 2A-4
Daya	= 1 HP
Kecepatan	= 1430 rpm
Arus	= 15 / 7,5 A
Tegangan	= 220 V
Frekuensi	= 50 Hz



Gambar 4.1 Motor Induksi 1 Phasa

Pada pengambilan data ini generator induksi akan dibebani dengan beban resistif yang berasal dari lampu pijar, dan beban induktif yang berasal dari lampu TL. Masing – masing beban bernilai 40 Watt untuk lampu pijar dan lampu TL. Pengujian akan dilakukan dengan kapasitor 75 μF dan 80 μF , selanjutnya akan ditambahkan kapasitor 12 μF yang dirangkai secara parallel.



Gambar 4.2 Percobaan Pembebanan Resistif

Adapun data yang dihasilkan dari percobaan adalah sebagai berikut:

4.2.1 Beban Resistif

Tabel 4.1 beban resistif, kapasitor 75 μF , tegangan konstan

NO	BEBAN	C (μF)	I (A)	V(V)	Cos ϕ	P (W)	RPM
1	0	75	0	220	0	0	3020
2	40	75	0,3	220	0,95	78	3040
3	80	75	0,53	220	0,9	108	3055
4	120	75	0,81	220	0,87	155	3070
5	160	75	0,85	220	0,8	150	3080
6	200	75	0,93	220	0,73	149	3095

Pada tabel 4.1 menunjukkan hasil percobaan dari sebuah generator induksi yang menggunakan kapasitor sebesar 75 μF , kemudian diberi pembebanan resistif masing – masing sebesar 40 W, lalu beban dinaikkan secara beraturan dengan tujuan untuk mengetahui besar rpm, nilai faktor daya, serta penambahan daya yang mampu dicapai.

Tabel 4.2 beban resistif, kapasitor 80 μF , tegangan konstan

NO	BEBAN	C (μF)	I (A)	V(V)	Cos ϕ	P (W)	RPM
1	0	80	0	220	0	0	2847
2	40	80	0,3	220	0,95	80	2853
3	80	80	0,53	220	0,9	105	2860
4	120	80	0,81	220	0,89	159	2880
5	160	80	0,86	220	0,87	165	2893
6	200	80	0,91	220	0,83	166	2900

Pada tabel 4.2 menunjukkan hasil percobaan dari sebuah generator induksi yang menggunakan kapasitor sebesar 80 μF , kemudian diberi pembebanan resistif masing – masing sebesar 40 W, lalu beban dinaikkan secara beraturan dengan tujuan untuk mengetahui besar rpm, nilai faktor daya, serta penambahan daya yang mampu dicapai, yang nantinya akan dianalisa pada grafik 4.1

Tabel 4.3 beban resistif, kapasitor 92 μF , tegangan konstan

NO	BEBAN	C (μF)	I (A)	V(V)	Cos ϕ	P (W)	RPM
1	0	92	0	220	0	0	2781
2	40	92	0,53	220	0,96	112	2787
3	80	92	0,62	220	0,92	126	2793
4	120	92	0,94	220	0,88	182	2800
5	160	92	1,37	220	0,84	253	2843
6	200	92	1,41	220	0,8	248	2865

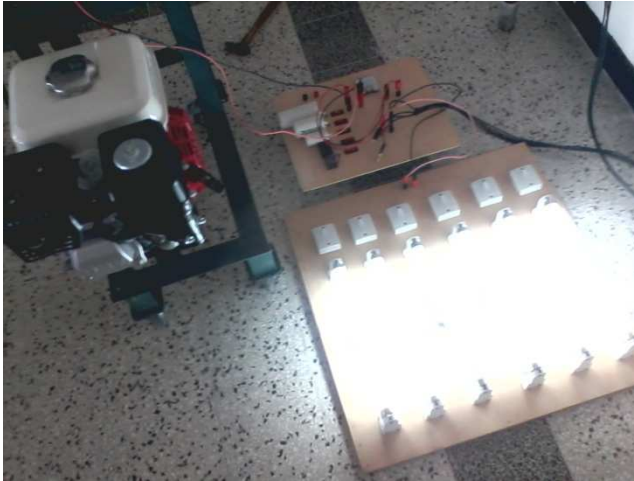
Pada tabel 4.3 menunjukkan hasil percobaan dari sebuah generator induksi yang menggunakan kapasitor sebesar 92 μF , kemudian diberi pembebanan resistif masing – masing sebesar 40 W, lalu beban dinaikkan secara beraturan dengan tujuan untuk mengetahui besar rpm, nilai factor daya, serta penambahan daya yang mampu dicapai, yang nantinya akan dianalisa pada grafik 4.2

Tabel 4.4 beban resistif, kapasitor 104 μF , tegangan konstan

NO	BEBAN	C (μF)	I (A)	V(V)	Cos ϕ	P (W)	RPM
1	0	104	0	220	0	0	2621
2	40	104	0,65	220	0,96	137	2630
3	80	104	0,69	220	0,94	143	2643
4	120	104	0,96	220	0,87	184	2665
5	160	104	1,41	220	0,84	260	2696
6	200	104	1,49	220	0,8	262	2743

Pada tabel 4.4 menunjukkan hasil percobaan dari sebuah generator induksi yang menggunakan kapasitor sebesar 104 μF , kemudian diberi pembebanan resistif masing – masing sebesar 40 W, lalu beban dinaikkan secara beraturan dengan tujuan untuk mengetahui besar rpm, nilai factor daya, serta penambahan daya yang mampu dicapai, yang nantinya akan dianalisa pada grafik 4.3

4.2.2 Beban Induktif



Gambar 4.3 Percobaan Pembebanan Induktif

Tabel 4.5 beban induktif, kapasitor 75 μF , tegangan konstan

NO	BEBAN	C (μF)	I (A)	V(V)	Cos ϕ	P (W)	RPM
1	0	75	0	220	0	0	3020
2	40	75	0,54	220	0,49	50	3045
3	80	75	0,84	220	0,45	83	3053
4	120	75	0,9	220	0,40	79	3062
5	160	75	0,95	220	0,38	79	3070

Pada tabel 4.5 menunjukkan hasil percobaan dari sebuah generator induksi yang menggunakan kapasitor sebesar 75 μF , kemudian diberi pembebanan induktif masing – masing sebesar 40 W, lalu beban dinaikkan secara beraturan dengan tujuan untuk mengetahui besar rpm, nilai factor daya, serta penambahan daya yang mampu dicapai.

Tabel 4.6 beban induktif, kapasitor 80 μF , tegangan konstan

NO	BEBAN	C (μF)	I (A)	V(V)	Cos ϕ	P (W)	RPM
1	0	80	0	220	0	0	2847
2	40	80	0,53	220	0,50	58	2863
3	80	80	0,94	220	0,46	95	2870
4	120	80	0,98	220	0,4	86	2876
5	160	80	1,3	220	0,37	105	2882

Pada tabel 4.6 menunjukkan hasil percobaan dari sebuah generator induksi yang menggunakan kapasitor sebesar 80 μF , kemudian diberi pembebanan induktif masing – masing sebesar 40 W, lalu beban dinaikkan secara beraturan dengan tujuan untuk mengetahui besar rpm, nilai factor daya, serta penambahan daya yang mampu dicapai, yang nantinya akan dianalisa pada grafik 4.4

Tabel 4.7 beban induktif, kapasitor 92 μF , tegangan konstan

NO	BEBAN	C (μF)	I (A)	V(V)	Cos ϕ	P (W)	RPM
1	0	92	0	220	0	0	2781
2	40	92	0,53	220	0,54	63	2788
3	80	92	0,94	220	0,52	107	2796
4	120	92	1,14	220	0,49	123	2805
5	160	92	1,16	220	0,44	112	2810

Pada tabel 4.7 menunjukkan hasil percobaan dari sebuah generator induksi yang menggunakan kapasitor sebesar 92 μF , kemudian diberi pembebanan induktif masing – masing sebesar 40 W, lalu beban dinaikkan secara beraturan dengan tujuan untuk mengetahui besar rpm, nilai factor daya, serta penambahan daya yang mampu dicapai, yang nantinya akan dianalisa pada grafik 4.5

Tabel 4.8 beban induktif, kapasitor 104 μF , tegangan konstan

NO	BEBAN	C (μF)	I (A)	V(V)	Cos ϕ	P (W)	RPM
1	0	104	0	220	0	0	2621
2	40	104	0,53	220	0,54	63	2627
3	80	104	0,92	220	0,52	105	2635
4	120	104	1,14	220	0,48	120	2647
5	160	104	1,16	220	0,44	112	2655

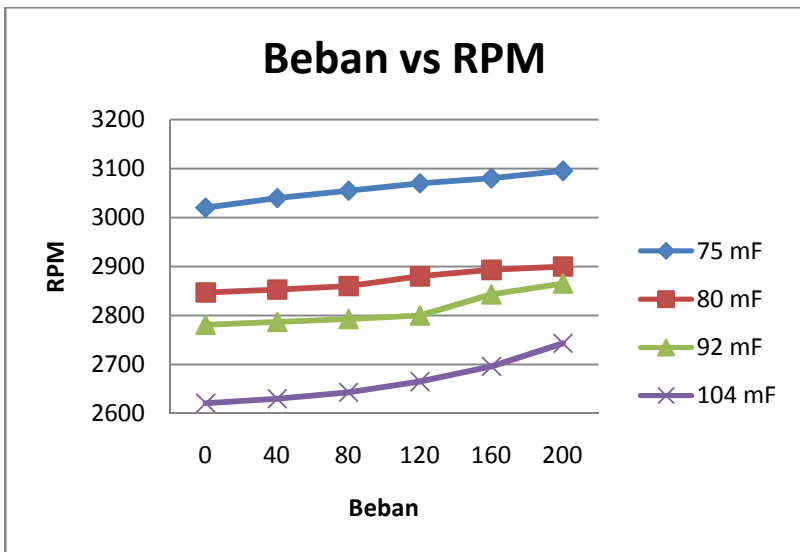
Pada tabel 4.8 menunjukkan hasil percobaan dari sebuah generator induksi yang menggunakan kapasitor sebesar 104 μF , kemudian diberi pembebanan induktif masing – masing

sebesar 40 W, lalu beban dinaikkan secara beraturan dengan tujuan untuk mengetahui besar rpm, nilai factor daya, serta penambahan daya yang mampu dicapai, yang nantinya akan dianalisa pada grafik 4.6

4.3 Grafik Hasil Percobaan

4.3.1 Beban Resistif

4.3.1.1 Beban resistif, kapasitor konstan, tegangan konstan

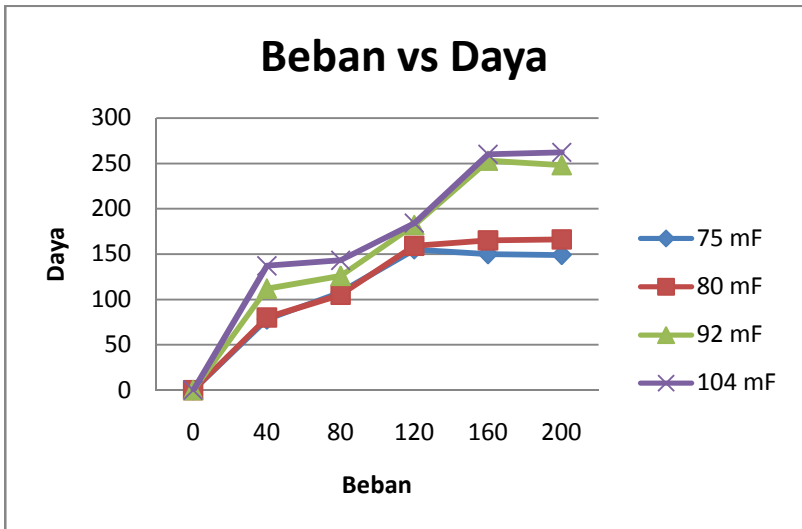


Grafik 4.1 Beban vs RPM

Pada grafik 4.1 menunjukkan bahwa adanya perubahan rpm pada kondisi setiap kenaikan beban secara beraturan, untuk

menghasilkan tegangan yang konstan 220 V. Setiap adanya kenaikan beban maka yang terjadi adalah rpm turun, sehingga putaran rotor generator induksi harus dinaikkan untuk menjaga tegangan konstan 220 V. Bila dilihat dari besaran kapasitas kapasitor yang digunakan maka kapasitor 92 μF dan 104 μF memberikan nilai rpm yang lebih kecil untuk membangkitkan tegangan 220 V, hal ini disebabkan semakin besar kapasitor yang digunakan maka arus eksitasi yang diberikan semakin besar pula, sehingga hanya membutuhkan putaran dari rotor generator induksi yang lebih kecil untuk dapat membangkitkan tegangan 220 V.

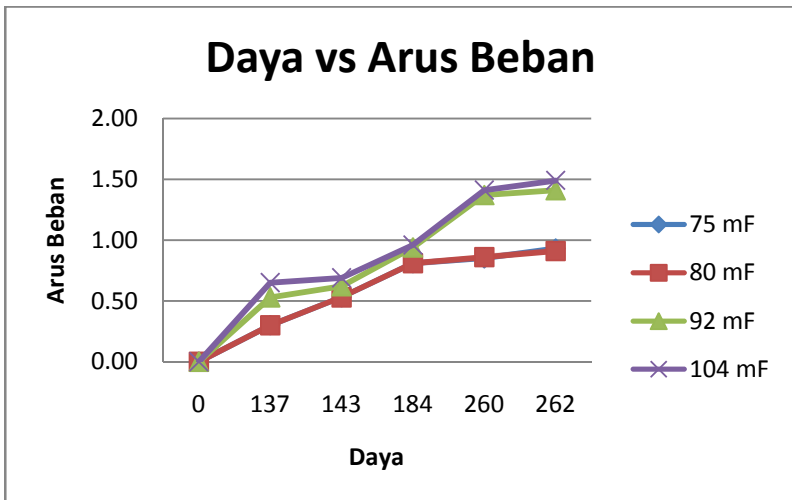
4.3.1.2 Beban resistif, kapasitor konstan, tegangan konstan



Grafik 4.2 Beban vs Daya

Pada grafik 4.2 menunjukkan bahwa adanya penambahan atau kenaikan daya pada kondisi kenaikan beban secara beraturan. Namun terjadi drop voltage dengan kapasitor 75 μF dan 80 μF pada beban 160 W dan 200 W. Jika dilihat berdasarkan besaran kapasitas kapasitor yang digunakan terlihat bahwa semakin besar nilai kapasitas kapasitor yang digunakan, maka semakin besar pula daya nyata yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan fungsi kapasitor selain sebagai perbaikan faktor daya, juga dapat memberikan tambahan daya.

4.3.1.3 Beban resistif, kapasitor konstan, tegangan konstan

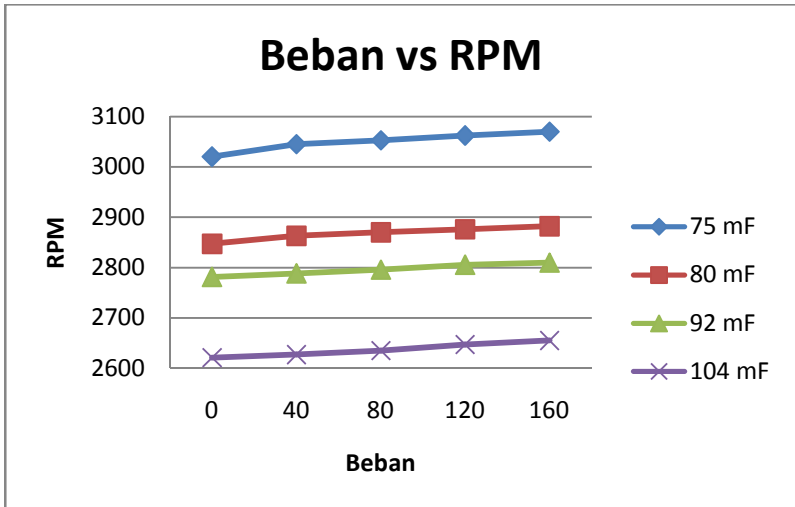


Grafik 4.3 Daya vs Arus Beban

Pada grafik 4.3 menunjukkan bahwa nilai keluaran daya berbanding lurus dengan nilai arus. Semakin besar arus yang mengalir maka juga akan semakin besar nilai keluaran daya. Penggunaan kapasitor 92 μF dan 104 μF memberikan nilai arus yang mengalir lebih besar disetiap kenaikan beban. Beban naik, arus yang mengalir semakin besar, maka nilai keluaran daya juga lebih besar. Hal ini disebabkan penggunaan nilai kapasitor yang lebih besar akan memperbaiki faktor daya dan memberikan tambahan daya pada generator induksi.

4.3.2 Beban Induktif

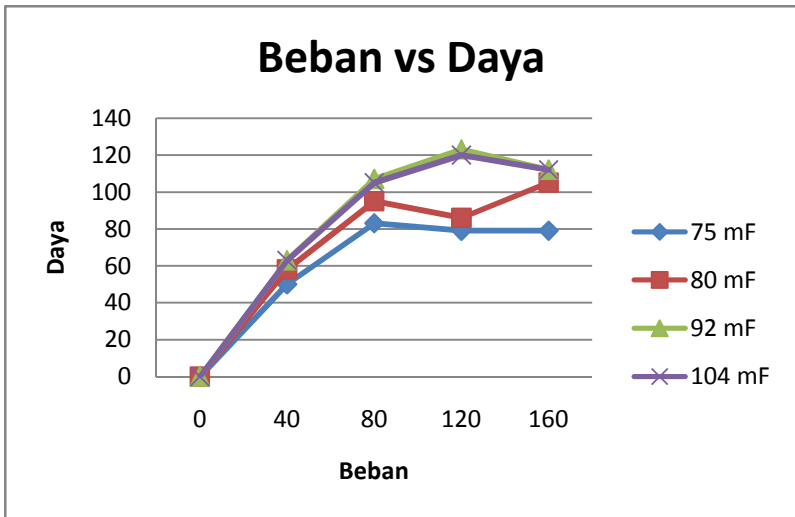
4.3.2.1 Beban induktif, kapasitor konstan, rpm konstan



Grafik 4.4 Beban vs RPM

Pada grafik 4.4 menunjukkan bahwa adanya perubahan rpm pada kondisi setiap kenaikan beban secara beraturan, untuk menghasilkan tegangan yang konstan 220 V. Setiap adanya kenaikan beban maka yang terjadi adalah rpm turun, sehingga putaran rotor generator induksi harus dinaikkan untuk menjaga tegangan konstan 220 V. Bila dilihat dari besaran kapasitas kapasitor yang digunakan maka kapasitor 92 μF dan 104 μF memberikan nilai rpm yang lebih kecil untuk membangkitkan tegangan 220 V.

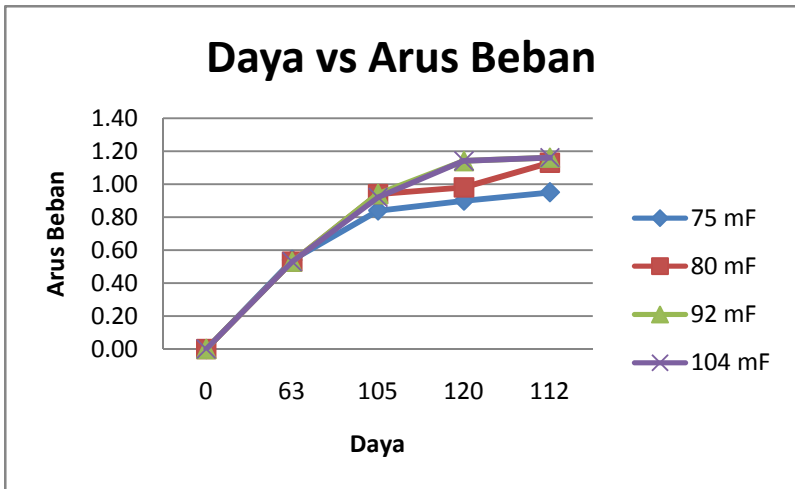
4.3.2.2 Beban induktif, kapasitor konstan, rpm konstan



Grafik 4.5 Beban vs Daya

Pada grafik 4.5 menunjukkan bahwa adanya penambahan atau kenaikan daya pada kondisi kenaikan beban secara beraturan. Jika dilihat berdasarkan besaran kapasitas kapasitor yang digunakan terlihat bahwa semakin besar nilai kapasitas kapasitor yang digunakan, maka semakin besar pula daya nyata yang dihasilkan. Tetapi daya yang dihasilkan pada beban induktif ini lebih kecil daripada beban resistif. Hal ini dikarenakan daya reaktif dari kapasitor diserap oleh beban induktif dan generator induksi untuk membangkitkan daya magnetisasi.

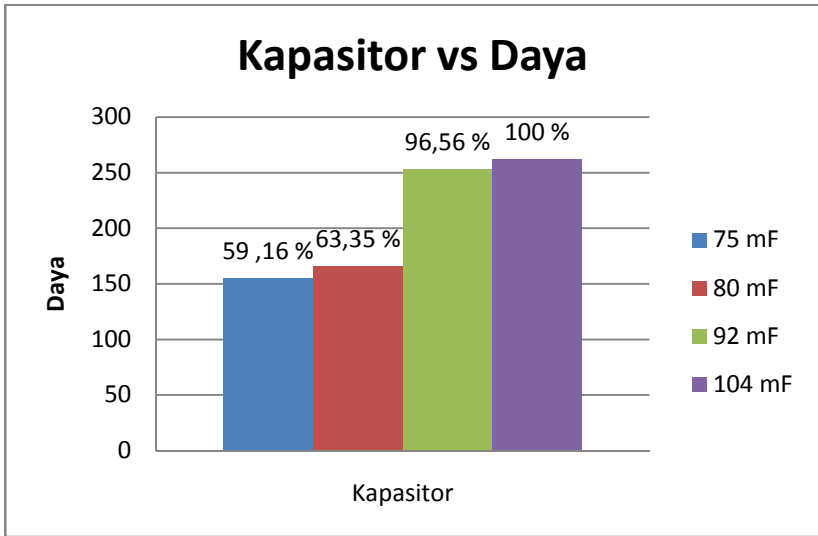
4.3.2.3 Beban induktif, kapasitor konstan, rpm konstan



Grafik 4.6 Daya vs Arus Beban

Pada grafik 4.6 menunjukkan bahwa nilai keluaran daya berbanding lurus dengan nilai arus. Semakin besar arus yang mengalir maka juga akan semakin besar nilai keluaran daya. Penggunaan kapasitor 92 μF dan 104 μF memberikan nilai arus yang mengalir lebih besar disetiap kenaikan beban. Beban naik, arus yang mengalir semakin besar, maka nilai keluaran daya juga lebih besar. Hal ini disebabkan penggunaan nilai kapasitor yang lebih besar akan memperbaiki faktor daya dan memberikan tambahan daya pada generator induksi.

4.3.3 Prosentase Daya Generator



Grafik 4.7 Prosentase Daya Generator

Pada grafik 4.7 menunjukkan besar prosentase kenaikan daya yang dihasilkan berdasarkan besaran kapasitas kapasitor yang digunakan. Dari penggunaan kapasitor 75 μF dan 80 μF prosentase kenaikan daya yang mampu dicapai sekitar 4,19 %. Sedangkan untuk kapasitor 80 μF dan 92 μF prosentase kenaikan daya yang mampu dicapai sekitar 33,21 %. Dan untuk penggunaan kapasitor 92 μF dan 104 μF kenaikan daya yang mampu dicapai sekitar 3,44 %.

4.4 Perhitungan Ekstrapolasi Kapasitor

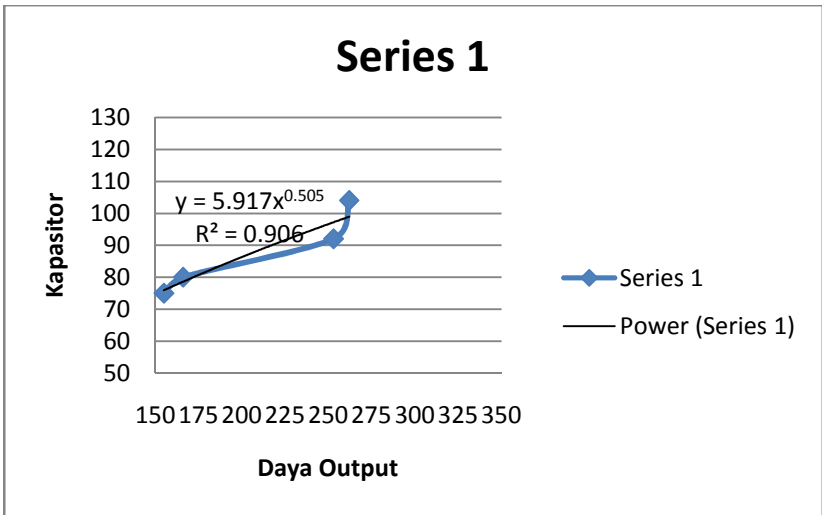
Ekstrapolasi adalah proses memperkirakan suatu variabel melampaui interval pengamatan aslinya berdasarkan hubungan dengan variabel lain. Dalam bidang ilmu teknik ada dua metode yang biasa digunakan, yaitu metode gambar dan metode slope. Pada bahasan ini akan dihitung perkiraan besar kapasitas kapasitor yang akan digunakan untuk menaikkan daya selanjutnya.

Berdasarkan hasil percobaan, masing-masing kapasitor dapat menaikkan daya mencapai nilai berikut:

Tabel 4.9 Nilai daya output generator

Kapasitor (μF)	Daya output (Watt)
75 μF	155 W
80 μF	166 W
92 μF	253 W
104 μF	262 W

Dari tabel diatas kemudian kita buat grafik untuk mencari nilai kapasitor yang akan digunakan untuk mencapai daya sebesar 746 W.



Grafik 4.8 Nilai Daya Output Generator

Dari grafik diatas dapat diketahui persamaan yang muncul adalah:

$$y = 5,917 x^{0,505} \dots\dots\dots (4.4)$$

Dengan persamaan diatas dapat kita gunakan untuk mencari nilai kapasitor yang digunakan. Ganti nilai (x) dengan nilai daya yang ingin dicapai, sehingga dapat kita temukan berapa nilai kapasitas kapasitor yang akan kita gunakan. Contoh sebagai berikut:

$$y = 5,917 x^{0,505}$$

$$y = 5,917 x (300)^{0,505}$$

$$y = 105,45$$

Maka untuk mencapai daya sebesar 300 W, kapasitor yang digunakan adalah **105,45 μF** .

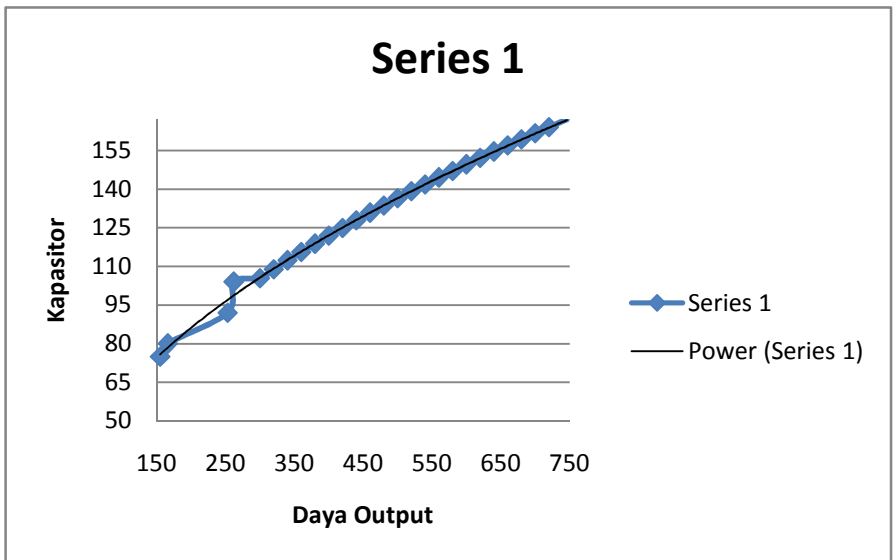
Setelah dilakukan ekstrapolasi untuk nilai daya yang selanjutnya, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.10 Ekstrapolasi nilai daya output generator

Kapasitor (μF)	Daya output (Watt)
75 μF	155 W
80 μF	166 W
92 μF	253 W
104 μF	262 W
105,45 μF	300 W
108,94 μF	320 W
112,33 μF	340 W
115,62 μF	360 W
118,82 μF	380 W
121,94 μF	400 W
124,98 μF	420 W
127,95 μF	440 W
130,86 μF	460 W
133,7 μF	480 W
136,48 μF	500 W
139,21 μF	520 W
141,89 μF	540 W
144,52 μF	560 W
147,11 μF	580 W
149,65 μF	600 W
152,15 μF	620 W
154,6 μF	640 W
157,03 μF	660 W
159,41 μF	680 W

161,76	700
164,08	720
167,05	746

Dari tabel diatas maka akan terlihat pada grafik bahwa nilai kapasitor yang digunakan linear dengan daya output yang dihasilkan.



Grafik 4.9 Hasil Ekstrapolasi Nilai Kapasitor

4.5 Kelemahan Generator Induksi

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan terlihat beberapa kelemahan pada generator induksi. Besar nilai kapasitor yang dipasang dengan besar rpm yang harus diputar pada generator induksi sangat berkorelasi. Jika nilai kapasitor yang dipasang besar, maka besar rpm yang harus diputar bisa sedikit lebih kecil untuk bisa membangkitkan daya reaktif pada generator induksi. Namun selanjutnya akan berdampak pada nilai output daya yang dihasilkan dan besar tegangan.

Hal ini sangat terlihat sekali pada saat pembebanan induktif dengan lampu TL. Daya yang dihasilkan jauh lebih kecil daripada saat menggunakan pembebanan resistif lampu pijar. Kapasitor yang harusnya berfungsi untuk menambah nilai daya, namun juga berbagi daya reaktif dengan generator induksi pada rpm yang rendah, dan juga diserap oleh lampu TL sebagai beban induktif. Selain itu salah satu syarat untuk bisa menjadi generator induksi adalah adanya slip yang bernilai negatif.

Pada generator induksi juga menimbulkan panas yang dapat menurunkan kinerja dari generator induksi itu sendiri. Panas yang didapat berasal dari pembebanan yang cukup besar dan terus menerus.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan hasil analisa dari percobaan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan kapasitor yang lebih besar berpengaruh terhadap jumlah rpm yang harus diputar pada generator induksi menjadi lebih kecil.
2. Generator induksi mampu dibebani dengan beban resistif mencapai 262 Watt.
3. Daya reaktif dari kapasitor tidak sepenuhnya terserap oleh beban, tapi juga untuk membangkitkan tegangan pada terminal keluaran generator induksi.
4. Nilai tegangan keluaran sangat terpengaruh oleh beban.
5. Penggunaan beban induktif akan mengakibatkan penurunan tegangan dan daya yang dihasilkan lebih kecil daripada beban resistif, hal ini terjadi karena kapasitor yang berfungsi sebagai penyedia daya reaktif utama pada generator induksi juga diserap oleh beban induktif.
6. Perbedaan dengan generator sinkron adalah, sumber eksitasi pada generator induksi berasal dari kapasitor,

sedangkan generator sinkron berasal dari sumber eksitasi yang menyuplai arus searah.

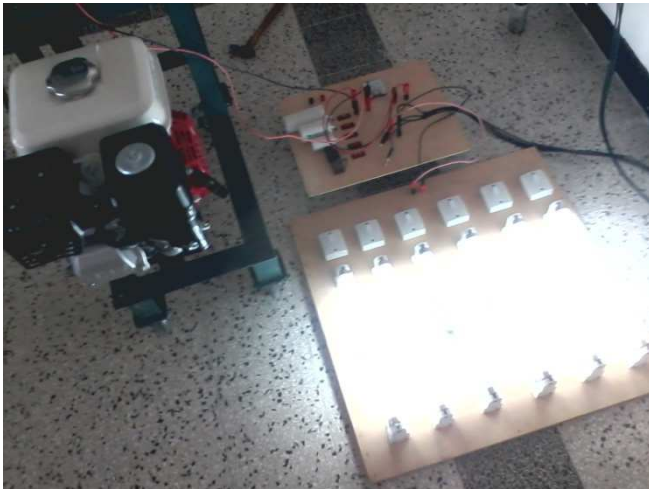
7. Putaran rotor generator induksi harus lebih besar dari kecepatan sinkron sehingga slip akan bernilai negatif.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan nantinya dapat dikembangkan, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Berdasarkan penelitian ini terjadi penurunan tegangan cukup signifikan, dan kenaikan tegangan berlebih saat penambahan kapasitor, sehingga disarankan pada penelitian selanjutnya untuk memasang device atau alat pengendali tegangan.
2. Perlunya perancangan sistem kontrol frekuensi pada saat rpm turun.
3. Untuk pembebanan yang lebih besar, selanjutnya bisa dilakukan dengan menggunakan generator induksi 3 fasa.
4. Diharapkan untuk mempertimbangkan alat ini sebagai bahan praktikum, mengingat pentingnya sumber daya terbarukan.

PROSES PERCOBAAN

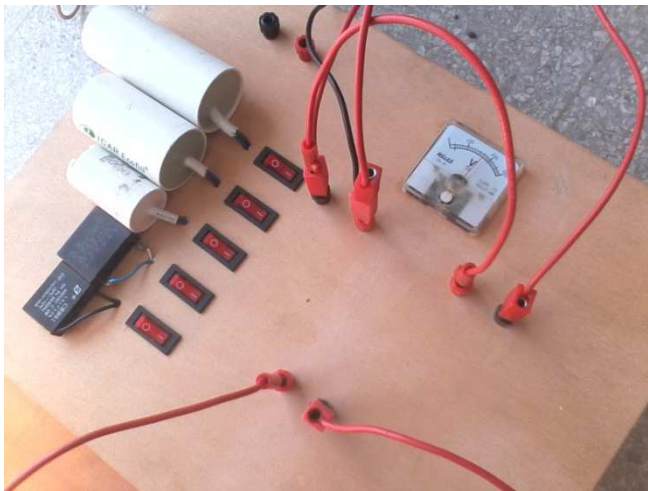


Gambar Pembebanan Induktif



Gambar Pembebanan Resistif

INSTRUMEN



Gambar Rangkaian Panel



Gambar Rangkaian Paralel Kapasitor

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Tri Indra Kusuma yang terlahir di Gresik, 26 Mei 1992. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis berada di SD Muhammadiyah 1 Gresik, SMPN 1 Gresik, SMAN 1 Kebomas. Penulis menjadi mahasiswa ITS Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan melalui jalur PMDK pada tahun 2010. Selama proses perkuliahan penulis aktif dalam bidang UKM Paduan Suara Mahasiswa ITS dan kemahasiswaan. Dalam bidang UKM penulis pada tahun kedua menjadi anggota divisi entrepreneur PSM ITS 11/12. Untuk bidang kemahasiswaan penulis pada tahun keempat menjabat sebagai CEO laboratorium Marine Electrical and Automation System (MEAS). Penulis juga tergabung dalam Grader praktikum listrik 1 dan Grader Desain 4 sejak tahun ketiga di laboratorium Marine Electrical and Automation System (MEAS).